

Aus der Prothetischen Abteilung der
Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Philipps-Universität Marburg a.d.Lahn

Abteilungsvorsteher: Prof. Dr. G. Janke

**Untersuchungen über das Dimensionsverhalten des Systems
Abformmasse IMPREGUM / Modellwerkstoff MOLDANO
in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer der Abformung**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
des Fachbereichs Humanmedizin
der

Philipps-Universität Marburg/Lahn

vorgelegt von

Karl Heinz Ringleb

aus Daubringen/Gießen

Marburg/Lahn 1974

Fotodruck: Erich Mauersberger, Marburg

Aus der Prothetischen Abteilung der
Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Philipps-Universität Marburg a.d.Lahn

Abteilungsvorsteher: Prof. Dr. G. Janke

**Untersuchungen über das Dimensionsverhalten des Systems
Abformmasse IMPREGUM / Modellwerkstoff MOLDANO
in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer der Abformung**

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
des Fachbereichs Humanmedizin
der
Philipps-Universität Marburg/Lahn

vorgelegt von

Karl Heinz Ringleb
aus Daubringen/Gießen

Marburg/Lahn 1974

Fotodruck: Erich Mauersberger, Marburg



Angenommen von dem Fachbereich Humanmedizin
der Universität Marburg am 5.7.1974

gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Prof. Dr. H. Oepen

Referent: Prof. Dr. G. Janke

Correferent: Prof. Dr. H. Schnell

Zum Gedenken an
meine Eltern

Meiner lieben Frau

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	1
II. Versuchsaufbau	4
III. Versuchsdurchführung	8
IV. Meßmethode	9
V. Ergebnisse	11
a. Tabellen	11
b. Statistische Auswertung	15
c. Graphische Darstellung	18
VI. Diskussion	22
a. Zum Versuchsaufbau und zur Versuchsdurchführung	22
b. Diskussion der Ergebnisse	23
VII. Zusammenfassung	28
VIII. Literaturverzeichnis	30
IX. Anhang: Tabellen der Meßwerte	34

I. Einleitung

"In dem Dimensionsverhalten zahnärztlicher Abformwerkstoffe liegt die erste Fehlerquelle unter anderen auf dem Wege bis zum fertigen Werkstück wie Inlay, Gußkrone, Brücke oder Metallprothese". (SCHWINDLING)

Aus diesem Grunde sind schon mehrfach werkstoffkundliche Untersuchungen von zahnärztlichen Abformmaterialien angestellt worden, um hinsichtlich der Schrumpfung elastischer Abdruckmaterialien in Abhängigkeit von der Lagerungszeit der Abformung eine Aussage machen zu können.

HUPPMANN stellte in seinen Versuchsreihen zylinderförmige Versuchskörper aus Abformmassen her, deren Dimensionsverhalten bis zu 72 Stunden gemessen wurde. Er erhält bei den Alginaten wesentlich größere Kontraktionswerte als bei Silikonem, Polysulfid-Kautschuken und Polyäthergummi.

FÄSSLER benutzt bei seinen Versuchen ein stilisiertes Modell mit 4 MOD-Kavitäten und nimmt Abdrücke davon mit Silikonem, Polysulfiden und Polyäthergummi, die nach 1 Stunde, 24 Stunden und 1 Monat gemessen werden. Er gelangt zur Ansicht, daß sich die Durchschnittswerte der Schrumpfung aller Stoffe innerhalb geringer, klinisch akzeptabler Grenzen bewegen, da sie in der Größenordnung von $\pm 50 \mu$ liegen.

Neben diesen Methoden, Abdrücke oder Versuchskörper direkt zu messen, werden auch indirekte Methoden beschrieben, bei denen nicht die Abdrücke oder Körper aus Abformmasse, sondern die danach hergestellten Hartgipsmodelle vermessen werden.

BERGMANN und E. KÖRBER prüften die Maßbeständigkeit neuer Abdruckmaterialien indirekt an Duroc-Modellen und konnten von Abdrücken mit dem Polyäthergummi IMPREGUM nur verkleinerte Modelle gewinnen.

E. KÖRBER und LEHMANN verglichen Duroc-Modelle miteinander,

die sich aus der Abformung eines genormten Kegelstumpfes durch Kupferbänder mit Kerr und Cardex super, nach der Doppelmischtechnik mit Permlastic heavy-light-bodied und Silaplast-Silasoft sowie nach dem Korrekturverfahren mit Xirux-Xirux F und Silaplast-Silasoft ergaben. Kupferringabdrücke mit Kerr lieferten dabei verbreiterte Stumpfmodelle, Abdrücke nach dem Korrekturverfahren verschmälerte Stumpfmodelle. Die geringsten Abweichungen fanden die Autoren bei der Doppelmischabformung und bei der Verwendung von Kupferringen mit Cardex super.

KELLER (Med. Diss. Marburg 1969) untersuchte die Silikon-Abdruckmasse Lastic 55 aus bis zu zwei Jahren alter Produktion und einer Charge neuester Herstellung, indem er eine Modellkugel abformte. Die älteren Massen zeigten anfänglich eine Expansion, die nach 24 Stunden auf Originalwerte zurückging. Die Abformung mit der neuen Charge konnte sofort ausgegossen werden, da sie kaum eine Expansion erkennen ließ. Außerdem stellte KELLER fest, daß sich als Modellmaterial besonders Duroc- und Moldano-Hartgips eignet.

MAYER diente ebenfalls eine Kugel als Versuchskörper. Er untersuchte die Veränderungen von Silikon-, Thiokol- und Polyäthergummi-Abformmassen an nach Abdrücken hergestellten Modellen aus Glastone Hartgips. Bei den Silikonen und Thiokolen konnte er dadurch Zeitpunkte herausfinden, an denen sich die Expansion des Modellmaterials und die Kontraktion der Abformwerkstoffe ausglich und originalgetreue Modelle entstanden. Mit IMPREGUM erhielt er immer nur geringfügig vergrößerte Modelle.

LOCKOWANDT überprüfte das Dimensionsverhalten elastischer Abdruckmassen darauf, ob man ausreichend vergrößerte Modelle erhält, die die Anfertigung einer überdimensionierten Krone ermöglichen. Im Gegensatz zu Mayer erhielt er nur verkleinerte Modelle nach IMPREGUM-Abdrücken.

Gerade weil manche Abformmassen beim Abbinden und bei längerer Lagerdauer der Abdrücke expandieren, andere aber kontrahieren,

fordern CHONG und DOCKING, den spezifischen Eigenschaften einzelner Werkstoffe Rechnung zu tragen.

So sehen FUCHS und WALLNER auch als Fehlerquelle, wenn die Abstimmung eines bestimmten Modellmaterials zum Dimensionsverhalten der Abformwerkstoffe im Labor nicht vorgenommen wird.

FINGER und LOCKOWANDT sprechen bei Abform- und Modellmaterialien von einer "funktionellen Einheit" und meinen damit, daß beide Materialien aufeinander abgestimmt sein sollten, wenn man entweder ein originalgetreues Modell oder ein überdimensioniertes Modell erhalten will.

In der vorliegenden Arbeit sollen Abformungen, die mit der Abformmasse IMPREGUM von einem stilisierten teilbezahnten Oberkiefermodell genommen werden, auf ihre Dimensionsstabilität bei Lagerung bis zu 7 Tagen untersucht werden.

Zunächst sollen die Abdrücke selbst ausgemessen werden, anschließend die damit hergestellten Modelle aus MOLDANO-Hartgips. Gleichzeitig soll untersucht werden, ob die Verwendung des speziellen IMPREGUM-Adhesives einen Einfluß auf das Dimensionsverhalten hat.

II. Versuchsaufbau

Als Versuchskörper diente ein stilisiertes teilbezahntes Oberkiefermodell, das im Institut für Angewandte Physik der Philipps-Universität Marburg aus Plexiglas angefertigt worden war.

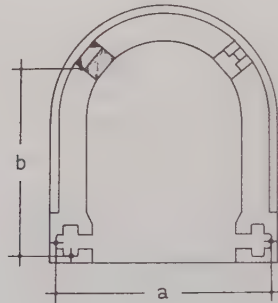


Abbildung 1: Aufsicht des Oberkiefermodells mit den eingezeichneten Meßstrecken a und b



Abbildung 2: Vorderansicht des Oberkiefermodells mit der eingezeichneten Meßstrecke c

Neben den frontalen Aufbauten, die Eckzähne darstellen sollen, waren im distalen Bereich auf beiden Seiten Fräsungen vorgenommen worden, die der Kaufläche von Molaren entsprechen sollen.

Das Originalmodell weist keinerlei untersichgehender Stellen auf. Die Größe des Modells entspricht etwa der des menschlichen Oberkiefers. An der Rückseite des Modells sind vier 5 mm-Gewinde eingeschnitten, damit das Modell zur Abdrucknahme auf einer Grundplatte befestigt werden kann, die direkt mit einem fixierbaren Kugelgelenk verbunden ist.

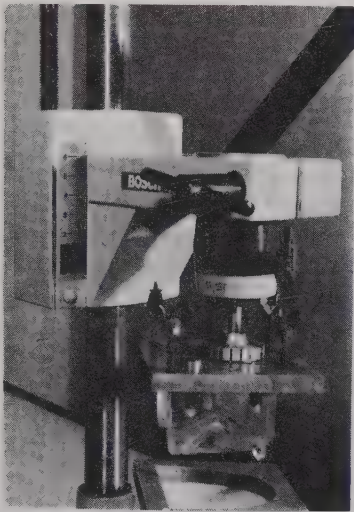


Abbildung 3: Nahaufnahme der Versuchsanordnung mit mm - Skala und Kugelgelenk

Zur Gewinnung der Bezugspunkte für die Messungen sind in den Plexiglasgehäuse Kanten eingeritzt, die sich mit vorhandenen Kanten des Modells kreuzen und Meßpunkte darstellen. Insgesamt sind 4 Meßpunkte für die beiden horizontalen Meßstrecken a und b sowie 1 Meßpunkt für die vertikale Meßstrecke c angebracht. Der zweite Bezugspunkt für die vertikale Meßstrecke ergibt sich aus dem Kreuzungspunkt dreier Modellkanten (siehe Abb. 1 und 2).

Für die Abdrucknahme wurden in einer Form aus Optosil 20 gleiche individuelle Löffel aus PALAVIT M hergestellt, die von allen abzuformenden Seiten des Modells einen Abstand von $2,5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ (doppelte Wachsplattenstärke) haben. Die Wandstärke der Abdrucklöffel beträgt $2,5 \text{ mm}$. Die Löffelinnenseite ist gleichmäßig mit einem groben Schleifkörper angeraut.

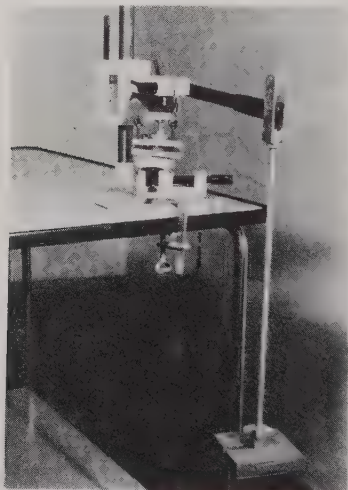


Abbildung 4: Versuchsanordnung

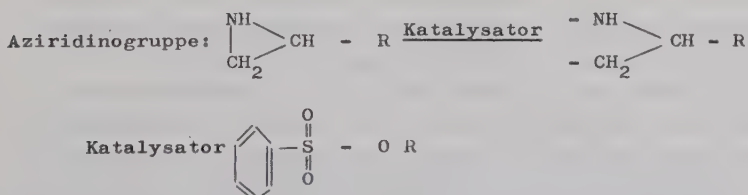
Um bei der Abdrucknahme einen gleichmäßigen Abstand des Modells vom Abdrucklöffel zu gewährleisten, wurde ein Bohrständer der Firma B o s c h benutzt, der für seine Vertikalbewegung eine in Millimeter eingeteilte Skala aufweist. Gleichzeitig kann an diesem Gerät durch eine Rändelschraube die Senkrechtbewegung begrenzt werden. Die Vertikaleinstellung des Modells wurde so vorgenommen, daß zunächst das Modell in Kontakt mit dem Abdrucklöffel gebracht wurde und anschließend mit Hilfe der Rändelschraube durch Ablesen der Werte an der Millimeter-Skala ein Abstand von $2,5 \text{ mm}$ eingestellt wird. Diese vertikale Begrenzungseinrichtung hat für die Abdrucknahme schließlich auch noch den Vorteil, daß in der Endstellung des Geräts kein

Druck mehr auf die Abformmasse ausgeübt wird. Der Überschuß an Masse kann noch vor dem Beginn des Abbindevorgangs ungehindert abfließen.

Das Kugelgelenk, das zwischen Bohrständer und Modell eingebaut ist, ermöglichte mit Hilfe einer Präzisions-Wasserwaage aus dem Photohandel eine genau senkrechte Einjustierung des Modells zum Abdrucklöffel.

Somit kann vor der Abdrucknahme der gleichmäßige horizontale und vertikale Abstand des Modells zum Abdrucklöffel eingestellt werden.

Für die Gewinnung der Abdrücke wird das zu untersuchende Abformmaterial IMPREGUM benutzt. Bei dieser Abdruckmasse handelt es sich um eine Gummi-Masse auf Polyäther-Basis. Der aktive Bestandteil der IMPREGUM-Paste ist ein Polyäther, im wesentlichen aus Tetramethylenglycol mit zwei endständigen ringförmigen Aziridinogruppen. Diese Gruppen werden durch Zugabe der zweiten Komponente, die als Katalysator einen aromatischen Sulfonsäureester enthält, geöffnet. Die nunmehr bifunktionellen Endgruppen ermöglichen die Vernetzung der Makromoleküle untereinander.



Dadurch bindet die Paste zu einem stabilen Elastomeren ab.

Nach Angaben des Herstellers kann IMPREGUM für Inlays, Kronen und Brücken, Funktionsabdrücke und Unterfütterungsabdrücke verwendet werden. Durch ein spezielles Adhesive kann IMPREGUM an Abdrucklöffeln fixiert werden.

III. Versuchsdurchführung

Vor jeder Abdrucknahme wird das Plexiglasmodell mit KERR - Mikrofilm isoliert, um nach Aushärtung der Abformmasse die Abzugskräfte möglichst gering zu halten.

Die Abformmasse IMPREGUM wird genau nach Gebrauchsanweisung angemischt. Dabei werden gleiche Stranglängen rosa Paste und blauer Katalysator innerhalb von 1 Minute zu einer homogenen lila Masse durchgemischt und dann innerhalb von 15 Sekunden in den Abdrucklöffel gegeben. Danach wird das Modell in den Löffel geführt. Der Abfluß der überschüssigen Abformmasse bei der Abformung ist noch vor Beginn der Abbindezeit durch den Abstand des Löffels vom Modell gewährleistet.

Durch ein am Hebelarm des Bohrständers angehängtes Gewicht und die vertikale Begrenzung durch die bereits erwähnte Rändelschraube wird das Modell 15 Minuten drucklos in der gleichen Position gehalten. Nach dieser Zeit ist der Abdruck mit Sicherheit genügend abgebunden und wird vom Modell entfernt. Von diesem Zeitpunkt an wird die Lagerungszeit gerechnet.

Insgesamt werden 8 Versuchsreihen mit jeweils 20 Abdrücken durchgeführt. Bei den ersten zehn Abdrücken einer Versuchsreihe werden die Abdrucklöffel ohne Adhäsiv verwendet, bei den nächsten zehn Abdrücken sind sie mit IMPREGUM-Adhesive bestrichen. Das Adhesive wird immer nach der Modellherstellung wieder mit Chloroform vom Abdrucklöffel entfernt. Die Abdrücke der ersten Versuchsreihe lagern 1 Stunde, die der zweiten Versuchsreihe 2 Stunden und die der folgenden Versuchsreihen lagern 6 Stunden, 24 Stunden, 2 Tage (48 Stunden), 3 Tage (72 Stunden), 5 Tage und 7 Tage.

Nach der entsprechenden Lagerungszeit werden die Meßstrecken a und b direkt an den Abdrücken ausgemessen. Sofort nach diesen Messungen werden die Abdrücke mit Moldano-Hartgips ausgegossen.

Für die Modellherstellung werden 70 g Pulver mit 20 ccm abgestandenem Leitungswasser 20 Sekunden lang durchgemischt und dann auf einem Rüttler in den Abdruck eingebracht. 24 Stunden später werden die Modelle aus dem Abdruck entfernt und alle drei Meßstrecken a, b und c ausgemessen. Dieser Zeitraum wird so lange gewählt, da MOLDANO nach 24 Stunden bereits seine größte Härte erreicht hat (WEIKART). Nach 5 Stunden erfahren Hartgipse auch bereits keine Dimensionsänderungen mehr (GARDEMIN).



Abbildung 5: Plexiglasmodell, Abdrucklöffel, Abdruck und Moldano-Modell

IV. Meßmethode

Sowohl zum Ausmessen der Abdrücke als auch der daraus resultierenden Modelle wurde ein Meßmikroskop benutzt, das mir von Herrn Dr. Kappler vom Physikalischen Institut der Philipps-Universität Marburg zur Verfügung gestellt wurde. Es handelt sich dabei um ein Gerät englischer Bauart (Fabrikat W.G. PYE + CO. LTD. GRANTA WORKS CAMBRIDGE, Typ 6147, Ser.-No. 39577), mit dem man horizontale Messungen auf 0,01 mm genau ausführen kann.

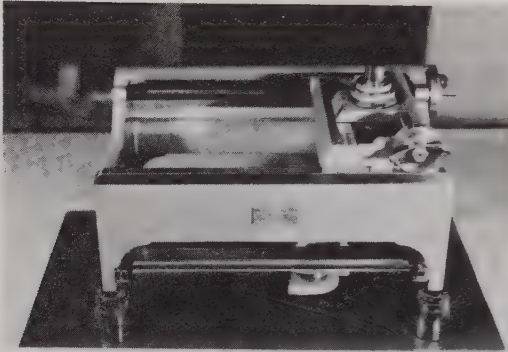


Abbildung 6: Meßmikroskop

Dabei wird ein Okular mit einem Fadenkreuz mittels zwei Rändelschrauben in zwei Richtungen auf Schienen bewegt und die Meßwerte auf den Schienen und Rändelschrauben gelesen. Ein am Rahmen des Geräts angebrachte Bodenplatte aus Glas und eine Anlegeschiene aus Aluminium ermöglichen eine planparallele Ausrichtung der Abdrücke und Modelle.

Aus meßtechnischen Gründen werden an den Abdrücken selbst nur die beiden horizontalen Strecken a und b gemessen. Am Hartgips-Modell wird zusätzlich auch die vertikale Strecke c gemessen, indem das Modell um 90° gedreht wird und so auch diese Strecke horizontal unter dem Meßmikroskop liegt. Die Messungen werden jeweils zweimal ausgeführt, um Ablesefehler und Einstellungsfehler zu vermeiden. Ungenauigkeiten durch Parallaxen um 0,01 mm sind jedoch nicht auszuschließen. Bei dem Original-Modell aus Plexiglas betragen die Werte für

$$a = 55,57 \text{ mm}, \quad b = 40,87 \text{ mm} \text{ und } c = 6,64 \text{ mm}$$

V. Ergebnisse

a. Tabellen

Die Tabellen, die aus den Meßwerten an den Abformungen resultieren, sind der Übersichtlichkeit halber im Anhang aufgeführt. In diesen Tabellen werden nicht die Abweichungen vom Originalmodell angegeben, sondern die gemessenen Werte für die Strecken a, b und c an den Abdrücken bzw. Gipsmodellen.

In der folgenden Tabelle 17 sind die Mittelwerte zusammengefaßt. Die Tabelle 17/1 gibt die Abweichungen der Mittelwerte von den Originalwerten in $\frac{\text{mm}}{100}$ an. Die prozentualen Abweichungen der Mittelwerte von den Originalwerten wurden auf $\frac{1}{1000} \%$ berechnet und in Tabelle 18 zusammengestellt.

Tabelle 17

Zusammenstellung der Mittelwerte M

a. Werte, die aus Abdrücken ohne Verwendung eines Adhäsivs hervorgegangen sind:

	Abdrücke		Hartgipsmodelle		
	a	b	a	b	c
1 h	5556,0	4085,0	5565,1	4092,2	664,9
2 h	5555,4	4082,9	5562,8	4091,1	664,1
6 h	5554,9	4082,9	5564,0	4091,3	663,7
24 h	5551,3	4081,7	5561,4	4091,1	664,0
2 d	5550,9	4078,4	5559,1	4088,0	663,8
3 d	5549,4	4077,1	5552,7	4085,4	662,7
5 d	5543,0	4076,3	5550,4	4084,4	663,1
7 d	5542,0	4077,3	5551,1	4084,1	663,0

b. Werte, die aus Abdrücken mit Verwendung von IMPREGUM-Adhesive hervorgegangen sind:

	Abdrücke		Hartgipsmodelle		
	a	b	a	b	c
1 h	5557,1	4087,1	5566,8	4094,9	665,1
2 h	5557,2	4086,6	5567,2	4095,8	664,7
6 h	5557,1	4086,7	5566,4	4095,0	664,8
24 h	5556,8	4086,0	5567,2	4094,6	664,0
2 d	5558,1	4086,9	5566,9	4095,8	664,7
3 d	5557,0	4085,7	5568,4	4094,3	664,2
5 d	5558,0	4086,7	5568,4	4094,8	663,9
7 d	5557,6	4088,1	5567,6	4095,2	663,8
<u>Originalwert:</u>			5557	4087	664

Die Werte sind jeweils in $\frac{\text{mm}}{100}$ angegeben.

Tabelle 17/1

Abweichungen der Mittelwerte von den Originalwerten in $\frac{\text{mm}}{100}$

a. Werte, die aus Abdrücken ohne Verwendung eines Adhäsivs hervorgegangen sind:

	Abdrücke		Hartgipsmodelle		
	a	b	a	b	c
1 h	- 1,0	- 2,0	+ 8,1	+ 5,2	+ 0,9
2 h	- 1,6	- 4,1	+ 5,8	+ 4,1	+ 0,1
6 h	- 2,1	- 4,1	+ 7,0	+ 4,3	- 0,3
24 h	- 5,7	- 5,3	+ 4,4	+ 4,1	$\pm$ 0
2 d	- 6,1	- 8,6	+ 2,1	+ 1,0	- 0,2
3 d	- 7,6	- 9,9	- 3,0	- 1,6	- 1,3
5 d	- 14,0	- 9,7	- 6,6	- 2,6	- 0,9
7 d	- 15,0	- 9,7	- 5,9	- 2,9	- 1,0

b. Werte, die aus Abdrücken mit Verwendung von IMPREGUM-Adhesive hervorgegangen sind:

	Abdrücke		Hartgipsmodelle		
	a	b	a	b	c
1 h	+ 0,1	+ 0,1	+ 9,8	+ 7,9	+ 1,1
2 h	+ 0,2	- 0,4	+ 10,2	+ 8,8	+ 0,7
6 h	+ 0,1	- 0,3	+ 9,4	+ 8,0	+ 0,8
24 h	- 0,2	- 1,0	+ 10,2	+ 7,6	$\pm$ 0
2 d	+ 1,1	- 0,1	+ 9,9	+ 8,8	+ 0,7
3 d	$\pm$ 0	- 1,3	+ 11,4	+ 7,3	+ 0,2
5 d	+ 1,0	- 0,3	+ 11,4	+ 7,8	- 0,1
7 d	+ 0,6	+ 1,1	+ 10,6	+ 8,2	- 0,2

Tabelle 18

Zusammenstellung der prozentualen Abweichung der Mittelwerte von den Originalwerten.

a. Werte, die aus Abdrücken ohne Verwendung eines Adhäsivs hervorgegangen sind:

	Abdrücke		Hartgipsmodelle		
	a	b	a	b	c
1 h	- 0,018	- 0,049	+ 0,146	+ 0,127	+ 0,135
2 h	- 0,029	- 0,100	+ 0,104	+ 0,100	+ 0,015
6 h	- 0,038	- 0,100	+ 0,126	+ 0,105	- 0,045
24 h	- 0,103	- 0,130	+ 0,079	+ 0,100	$\pm$ 0
2 d	- 0,110	- 0,210	+ 0,038	+ 0,024	- 0,030
3 d	- 0,137	- 0,242	- 0,054	- 0,039	- 0,196
5 d	- 0,252	- 0,262	- 0,119	- 0,064	- 0,136
7 d	- 0,270	- 0,237	- 0,106	- 0,071	- 0,151

b. Werte, die aus Abdrücken mit Verwendung von IMPREGUM-Adhesive hervorgegangen sind:

	Abdrücke		Hartgipsmodelle		
	a	b	a	b	c
1 h	+ 0,002	+ 0,002	+ 0,176	+ 0,193	+ 0,166
2 h	+ 0,004	- 0,010	+ 0,184	+ 0,215	+ 0,105
6 h	+ 0,002	- 0,007	+ 0,169	+ 0,105	+ 0,120
24 h	- 0,004	- 0,024	+ 0,184	+ 0,186	$\pm$ 0
2 d	+ 0,020	- 0,002	+ 0,178	+ 0,215	+ 0,105
3 d	$\pm$ 0	- 0,032	+ 0,205	+ 0,179	+ 0,030
5 d	+ 0,018	- 0,007	+ 0,205	+ 0,191	- 0,015
7 d	+ 0,011	+ 0,027	+ 0,191	+ 0,201	- 0,030

Die Werte sind jeweils in % angegeben.

b. Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung der einzelnen Meßwerte wurden die Mittelwerte M und die Standardabweichung s der Einzelmessungen berechnet. Die Mittelwerte M und deren prozentuale Abweichung von den Originalwerten sind in den Tabellen 17 und 18 zusammengestellt.

Die Standardabweichung s errechnet sich nach folgender mathematischer Formel:

$$s = \pm \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (E_i - M)^2}$$

n = Anzahl der Einzelmessungen

i = Index für die Reihenfolge der Einzelmessungen
($i = 1, \dots, 10$)

E = Wert der Einzelmessung (für a , b und c)

Die Standardabweichung gibt den mittleren quadratischen Fehler der Einzelmessung an. Diese Werte sind in Tabelle 19 zusammengestellt.

Um auch den mittleren quadratischen Fehler der Mittelwerte $\bar{m}$ zu erhalten, wurde folgende mathematische Formel benutzt:

$$\bar{m} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Die Werte für $\bar{m}$ sind in Tabelle 20 zusammengestellt.

Diese Werte lassen erkennen, daß sich die mittleren quadratischen Fehler für die Mittelwerte selten über $\frac{1}{100}$ mm bewegen. Das bedeutet, daß die wahrscheinliche Abweichung vom Mittelwert höchstens bei $\pm 1,12 \frac{\text{mm}}{100}$ liegt. Es darf damit angenommen werden, daß die Mittelwerte aussagekräftig sind.

Tabelle 19

Zusammenstellung der Werte für die Standardabweichung s der Einzelmessungen.

a. Werte, die aus Abdrücken ohne Verwendung eines Adhäsivs hervorgegangen sind:

	Abdrücke		Hartgipsmodelle		
	a	b	a	b	c
1 h	$\pm 2,28$	$\pm 1,84$	$\pm 1,97$	$\pm 1,60$	$\pm 1,04$
2 h	$\pm 2,06$	$\pm 1,25$	$\pm 1,64$	$\pm 1,71$	$\pm 1,30$
6 h	$\pm 2,07$	$\pm 0,94$	$\pm 1,90$	$\pm 1,27$	$\pm 1,42$
24 h	$\pm 2,28$	$\pm 1,62$	$\pm 2,10$	$\pm 1,70$	$\pm 1,10$
2 d	$\pm 2,09$	$\pm 1,96$	$\pm 1,97$	$\pm 2,05$	$\pm 0,87$
3 d	$\pm 2,42$	$\pm 2,77$	$\pm 2,84$	$\pm 3,53$	$\pm 1,94$
5 d	$\pm 1,10$	$\pm 1,27$	$\pm 1,36$	$\pm 1,63$	$\pm 1,38$
7 d	$\pm 1,55$	$\pm 0,90$	$\pm 1,45$	$\pm 0,94$	$\pm 1,10$

b. Werte, die aus Abdrücken mit Verwendung von IMPREGUM-Adhesive hervorgegangen sind:

	Abdrücke		Hartgipsmodelle		
	a	b	a	b	c
1 h	$\pm 2,66$	$\pm 1,09$	$\pm 1,66$	$\pm 1,45$	$\pm 1,22$
2 h	$\pm 1,89$	$\pm 1,69$	$\pm 1,33$	$\pm 1,70$	$\pm 0,95$
6 h	$\pm 1,70$	$\pm 1,19$	$\pm 1,36$	$\pm 1,27$	$\pm 1,94$
24 h	$\pm 1,70$	$\pm 1,55$	$\pm 1,54$	$\pm 1,42$	$\pm 1,10$
2 d	$\pm 1,70$	$\pm 1,51$	$\pm 1,70$	$\pm 2,82$	$\pm 3,35$
3 d	$\pm 3,47$	$\pm 2,00$	$\pm 3,01$	$\pm 2,00$	$\pm 1,54$
5 d	$\pm 1,67$	$\pm 1,68$	$\pm 1,02$	$\pm 1,49$	$\pm 1,05$
7 d	$\pm 1,74$	$\pm 1,14$	$\pm 1,20$	$\pm 0,87$	$\pm 0,87$

Die Werte sind jeweils in $\frac{\text{mm}}{100}$ angegeben.

Tabelle 20

Zusammenstellung der Werte für den mittleren quadratischen Fehler $\bar{m}$ der Mittelwerte.

a. Werte, die aus Abdrücken ohne Verwendung eines Adhäsivs hervorgegangen sind:

	Abdrücke		Hartgipsmodelle		
	a	b	a	b	c
1 h	$\pm 0,72$	$\pm 0,58$	$\pm 0,62$	$\pm 0,51$	$\pm 0,33$
2 h	$\pm 0,65$	$\pm 0,40$	$\pm 0,32$	$\pm 0,54$	$\pm 0,41$
6 h	$\pm 0,66$	$\pm 0,30$	$\pm 0,60$	$\pm 0,40$	$\pm 0,45$
24 h	$\pm 0,72$	$\pm 0,51$	$\pm 0,66$	$\pm 0,54$	$\pm 0,35$
2 d	$\pm 0,66$	$\pm 0,62$	$\pm 0,62$	$\pm 0,65$	$\pm 0,28$
3 d	$\pm 0,77$	$\pm 0,88$	$\pm 0,90$	$\pm 1,12$	$\pm 0,61$
5 d	$\pm 0,35$	$\pm 0,40$	$\pm 0,43$	$\pm 0,52$	$\pm 0,44$
7 d	$\pm 0,49$	$\pm 0,28$	$\pm 0,46$	$\pm 0,30$	$\pm 0,35$

b. Werte, die aus Abdrücken mit Verwendung von IMPREGUM-Adhesive hervorgegangen sind:

	Abdrücke		Hartgipsmodelle		
	a	b	a	b	c
1 h	$\pm 0,84$	$\pm 0,35$	$\pm 0,53$	$\pm 0,46$	$\pm 0,39$
2 h	$\pm 0,60$	$\pm 0,53$	$\pm 0,42$	$\pm 0,54$	$\pm 0,30$
6 h	$\pm 0,54$	$\pm 0,38$	$\pm 0,43$	$\pm 0,40$	$\pm 0,61$
24 h	$\pm 0,54$	$\pm 0,49$	$\pm 0,49$	$\pm 0,45$	$\pm 0,35$
2 d	$\pm 0,54$	$\pm 0,48$	$\pm 0,54$	$\pm 0,89$	$\pm 1,06$
3 d	$\pm 1,10$	$\pm 0,63$	$\pm 0,95$	$\pm 0,63$	$\pm 0,49$
5 d	$\pm 0,53$	$\pm 0,53$	$\pm 0,32$	$\pm 0,47$	$\pm 0,33$
7 d	$\pm 0,55$	$\pm 0,36$	$\pm 0,38$	$\pm 0,28$	$\pm 0,28$

Die Werte sind jeweils in $\frac{\text{mm}}{100}$ angegeben

c. Graphische Darstellung

Die folgenden graphischen Darstellungen zeigen die Kurven, die sich aus den Mittelwerten der Meßwerte für die Meßstrecken a, b und c ergeben. Für jede Meßstrecke wurde eine eigene Darstellung gezeichnet. Sie enthält bei a und b jeweils 4 Kurven, die einmal die Mittelwerte der Abdrücke, die ohne Verwendung eines Adhäsivs gewonnen wurden, angeben, und dann der daraus resultierenden Hartgipsmodelle, zum anderen die Mittelwerte, die sich bei Verwendung des IMPREGUM-Adhesives ergeben. Für c ergeben sich nur 2 Kurven für die Mittelwerte an den Hartgipsmodellen.

Auf der Abszisse ist bei allen Darstellungen die Zeitdauer der Lagerung der Abdrücke angegeben. Die Abszisse selbst stellt auch den jeweiligen Wert des Originalmodells dar.

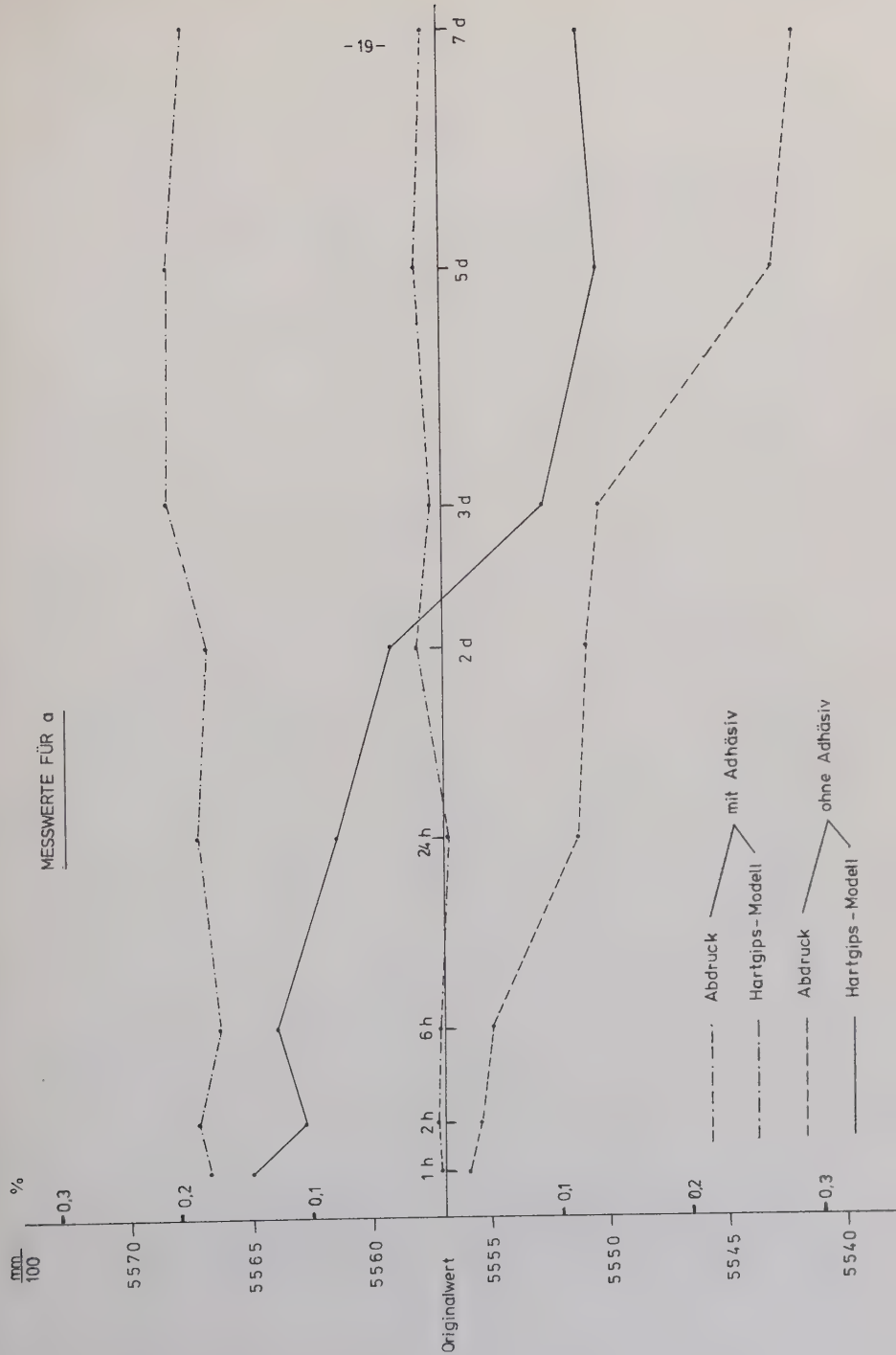
Die Ordinaten besitzen zwei Einteilungen. Links der Ordinate ist die Maßeinteilung in $\frac{\text{mm}}{100}$ vorgenommen worden, damit absolute Maßänderungen der Abdrücke bzw. Modelle abgelesen werden können. Auf der rechten Seite ist eine prozentuale Einteilung eingetragen, die die relative Abweichung der Abdrücke und Hartgipsmodelle von dem Originalwert angibt.

Für die Werte c wurde eine vergrößerte Maßeinteilung auf der Ordinate vorgenommen, um wegen der geringen absoluten Wertänderungen diese zu verdeutlichen.

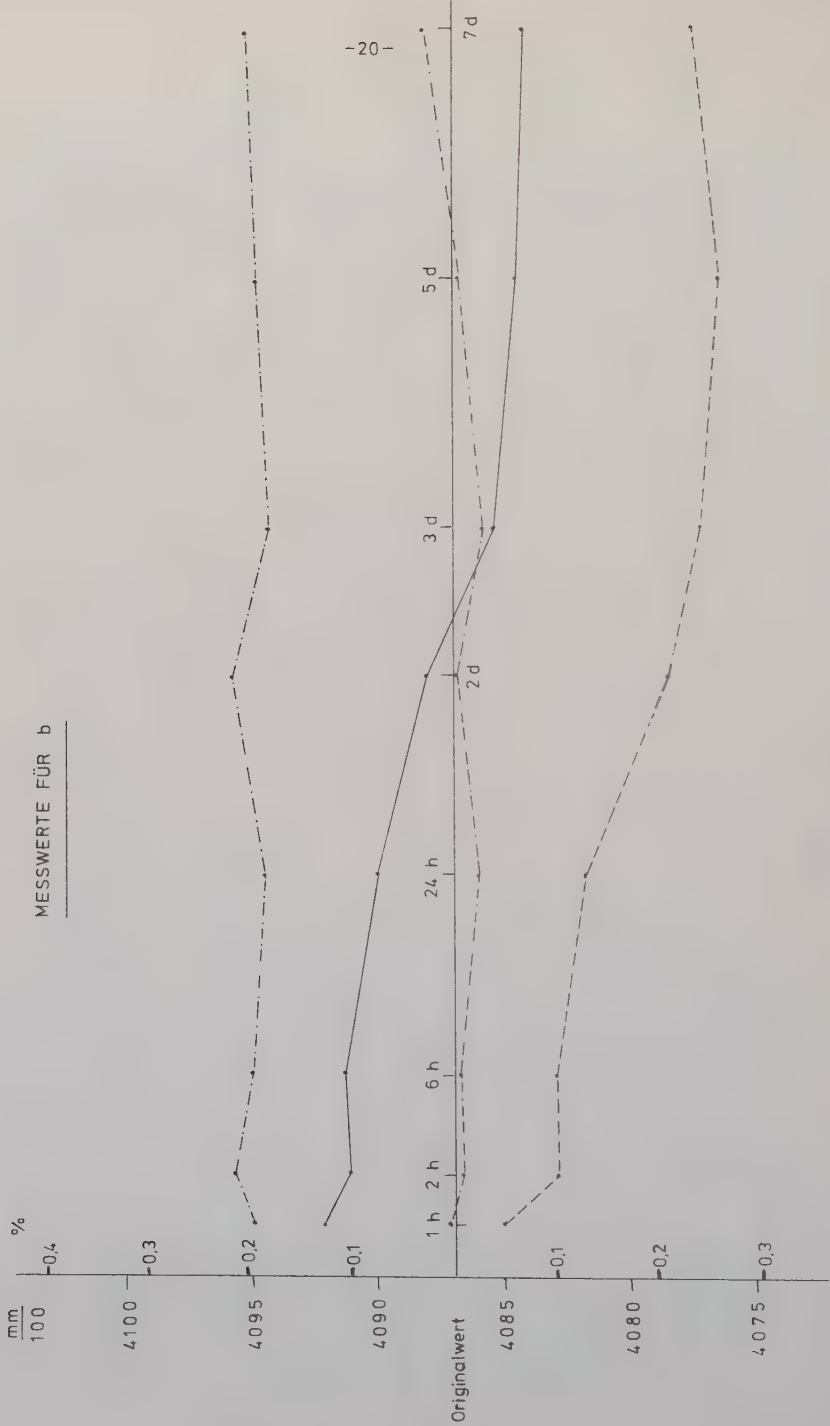
Die Kurven geben das Dimensionsverhalten der Abdruckmasse IMPREGUM an in Abhängigkeit von der Lagerdauer der Abdrücke. An den Kurven, mit denen die Meßwerte der Gipsmodelle graphisch dargestellt werden, können die Abweichungen der Gipsmodelle vom Originalmodell ersehen werden. Gleichzeitig kann abgelesen werden, nach welcher Lagerungsdauer der Abdrücke man ein originalgetreues Modell erhält, wann ein überdimensioniertes und wann ein unterdimensioniertes Modell.

Die Auswertung der Kurven kann sowohl in absoluten Maßänderungen als auch in prozentualen Werten vorgenommen werden, wobei die prozentualen Werte den Vorteil in sich bergen, daß man sie auf jede andere Dimension übertragen kann.

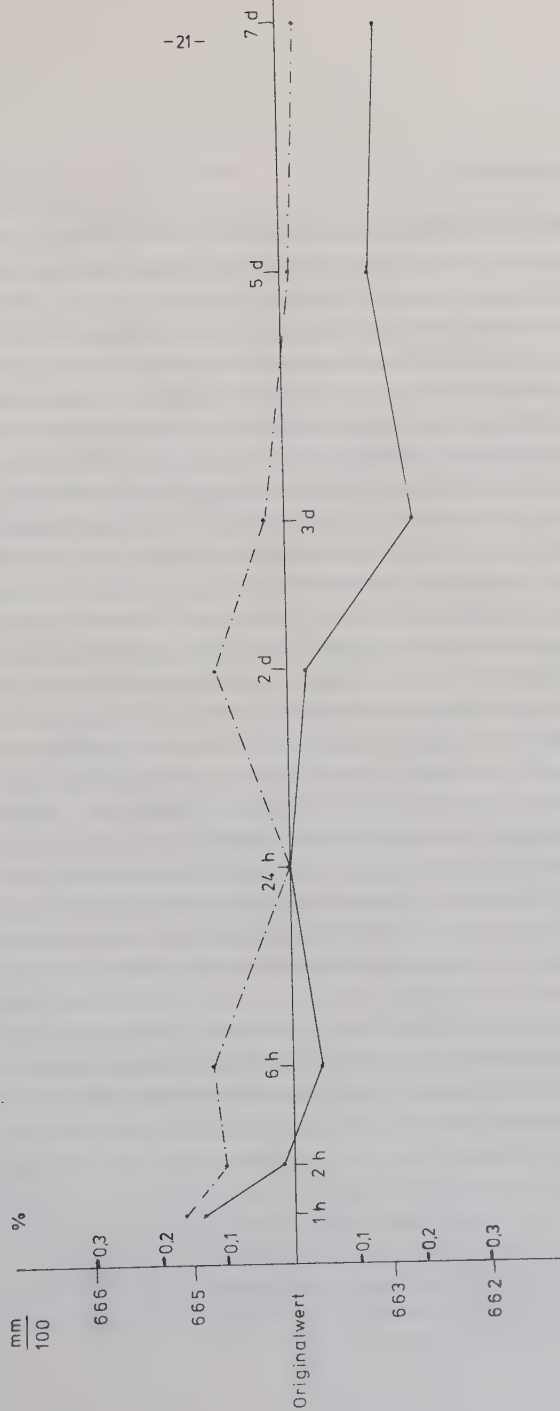
Durch die Zusammenfassung aller Kurven für eine Meßstrecke in einer Darstellung kann verglichen werden, welchen Einfluß das IMPREGUM-Adhesive auf die Dimensionsänderungen hat und welcher Einfluß bei dem Modellmaterial MOLDANO liegt.



MESSWERTE FÜR b



MESSWERTE FÜR c



VI. Diskussion

a. Zum Versuchsaufbau und zur Versuchsdurchführung

Beim Versuchsaufbau wurde darauf geachtet, daß Einflüsse von dieser Seite nicht auftreten konnten.

So habe ich für die Abdrucknahme ein Gerät benutzt, mit dem man vor der Abdrucknahme einen gleichmäßigen Abstand des Originalmodells vom Abdrucklöffel einstellen konnte, da nur eine gleichmäßige Schichtdicke der Abformmasse eine gleichmäßige Schrumpfung gewährleistet. Nicht nur REHBERG, sondern auch BERGMANN und KÖRBER, sowie FINGER und LOCKOWANDT weisen darauf hin, daß nur bei gleichmäßiger Schichtdicke des Abformmaterials eine gleichmäßige Schrumpfung zu erwarten ist. Je geringer dabei die Schichtdicke ist, in umso geringeren Grenzen halten sich auch die effektiven Dimensionsänderungen. Eine Schichtdicke von 2,5 mm, wie sie in den vorliegenden Versuchen gewählt wurde, dürfte auch für die Praxis ein annehmbarer Wert sein. Eine Voraussetzung für eine gleichmäßige Schichtdicke der Abdruckmasse ist ein individueller Löffel, der genügend starr ist, um sich bei der Abdrucknahme nicht zu verformen. REHBERG fordert deshalb sogar die Normung von Abdrucklöffeln. Er macht darauf aufmerksam, daß ein falscher Löffel Dimensionsänderungen bis 0,9 mm hervorruft. Auch ein Vertreter des Dental-Labors PFANNENSTIEL macht bei seinen Untersuchungen über mögliche Fehlerquellen auf dem Wege bis zum fertigen Werkstück die Feststellung, daß ein falscher Löffel einer der Fehler sein kann. Auch er fordert in jedem Fall die Benutzung eines starren individuellen Löffels. Die Wandstärke des von mir benutzten Löffels habe ich mit 2,5 mm deshalb so groß gewählt, um Formveränderungen des Löffels bei der Abdrucknahme mit Sicherheit auszuschließen.

Bei IMPREGUM handelt es sich um eine Masse der mittleren Konsistenz Klasse 2 nach der ADA Spezifikation Nr. 19. Die Konsistenz des angemischten Materials gewährleistet daher einen guten Abfluß bei der Abdrucknahme, ohne den Löffel zu verformen. Eine unbehinderte Abflußmöglichkeit ist allerdings Voraussetzung dafür. Auch dieses Kriterium ist inso-

fern beachtet worden, als der Löffelrand bei der Abdrucknahme immer frei war.

Für die Verarbeitung des Abformwerkstoffes IMPREGUM ist die Gebrauchsanweisung der Herstellerfirma ESPE genau beachtet worden. Was die Verarbeitungs- und Abbindezeit anbelangt, stimmt die im Prospekt angegebene mit Messungen von WILSON nach seiner Rheometer-Methode und mit Messungen von Schoenmakers nach der von ihm entwickelten Methode überein. Diese Autoren haben übereinstimmend für IMPREGUM eine Anmischzeit von 2 Minuten und eine Abbindezeit von 5 Minuten gemessen. VIOHL hat später auch beide angegebenen Methoden vergleichend untersucht und die Meßwerte bestätigt. Um mit Sicherheit die Anmischzeit nicht zu überschreiten, wurde die Masse, vom Zeitpunkt des Mischbeginns gemessen, innerhalb von 1 1/2 Minuten in den Löffel eingebracht und Abdruck genommen. Nur während der Verarbeitungszeit ist ein einwandfreier Abfluß der überschüssigen Masse gewährleistet. Die Verweildauer des Abdrucklöffels am abzuformenden Modell betrug bei meinen Untersuchungen 15 Minuten, um auch hier sicher zu gehen, daß die Abbindung vollständig stattgefunden hat.

Bei der Anfertigung der Gipsmodelle wurde der Hartgips MOLDANO, der aus einer Charge stammte, jeweils unter den gleichen Bedingungen verarbeitet, um für jedes Modell möglichst gleiche Dimensionsänderungen zu erhalten. Eine Unverträglichkeit von MOLDANO mit IMPREGUM ist nicht bekannt (REHBERG).

Was die Meßmethode anbelangt, hat KRAUL (Med. Diss. Marburg 1972) dasselbe Meßmikroskop bereits bei seinen Untersuchungen über die Paßgenauigkeit von Prothesenbasen benutzt und für derartige Messungen als geeignet beschrieben.

b. Diskussion der Ergebnisse

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß man mit dem Abformwerkstoff IMPREGUM sowohl vergrößerte als auch verkleinerte und originalgetreue Modelle erhalten kann. Von Wichtigkeit ist dabei, daß die Expansion des Modellmaterials bekannt ist

und berücksichtigt wird.

Dadurch, daß bei meinen Untersuchungen zunächst die Abdrücke selbst und dann die dazugehörigen Modelle ausgemessen wurden, kann auch eine Aussage über die Expansionsgröße des Hartgipses MOLDANO gemacht werden. JANKE hat auch die Dimensionsänderungen von Moldano beschrieben und gibt eine lineare Expansion von Moldano nach 48 Stunden mit ca. 0,13 - 0,25 % an. Diese Werte stimmen auch mit denen meiner Untersuchungen überein, die eine Expansion von etwa 0,2 % ergaben. Bei der graphischen Darstellung ist daher zu erkennen, daß die Kurven für die Meßwerte der Abdrücke um den prozentualen Betrag der Dimensionsänderungen des Modellwerkstoffes in etwa parallel zu den Kurven der dazugehörigen Modelle verlaufen. Eine absolute Parallelität der Kurven ist sicherlich daher nicht gegeben, daß doch geringe Schwankungen im Dimensionsverhalten des Hartgipses MOLDANO vorliegen. Auch Meßfehler um 0,01 mm durch Parallaxen dürften hier einen Einfluß haben.

Betrachtet man zunächst die Kurven für die Abdrücke, bei denen kein Adhäsiv verwendet wurde, so stellt man fest, daß die Abformmasse IMPREGUM grundsätzlich schrumpft, und zwar nach 7 Tagen Lagerungsdauer der Abformungen um bis zu 0,27 % auf die gemessenen Strecken. Das beweist, besonders im Vergleich mit den Kurven, die sich bei Verwendung eines Adhäsivs ergeben, daß sich die Abdrücke vom Abdrucklöffel lösen müssen, um diese Dimensionsänderungen zu erfahren. Sichtbar war das Loslösen jedoch nicht. Auch war immer noch eine geringe Adhäsion des Abdruckmaterials beim Entfernen aus dem Löffel zu bemerken. Nach den vorliegenden Ergebnissen gewinnt man jedenfalls den Eindruck, daß sich die Dimensionsänderungen ungehindert vollziehen können wenn kein Adhäsiv verwendet wird.

In der Literatur wird diese Erfahrung grundsätzlich bestätigt. So stellt TOKMAN in seinen Untersuchungen über die Haftung von Alginaten am Abdrucklöffel fest, daß die Schrumpfung ungehindert vonstatten geht, wenn nicht irgendwelche Retentionsmöglichkeiten des Abdruckmaterials am Löffel vorhanden

sind. MAYER machte mit Silikon-, Thiokol- und Polyäthergummi-abformmassen die Erfahrung, daß sogar perforierte Löffel nach 48 Stunden keine ausreichenden Retentionsmöglichkeiten bieten. Bei der Betrachtung der Meßwerte und Kurven für die Abdrücke, bei denen IMPREGUM-Adhesive verwendet wurde, ist eine Dimensionsänderung in nur geringem Umfang festzustellen. Die Dimensionsänderung führt hier fast eindeutig zu einer Expansion.

Von der Überlegung, daß bei der Verwendung eines Adhäsivs die Abformmasse zum Löffel hin schrumpft, leuchtet ein, daß die Dimensionsänderung zu einem vergrößerten Modell führt. Je dünner die Abformmasseschicht ist, umso geringer ist dann der absolute Schrumpf, da die Abformmasse hier nur in Relation zur Schichtdicke schrumpfen kann und nicht auf die Meßstrecken bezogen.

Auffällig sind die Werte für die Meßstrecke c. Hier findet man grundsätzlich eine Schrumpfung. Ein Unterschied, ob Adhäsiv verwendet wurde oder nicht, kann nur in der Stärke der Schrumpfung festgestellt werden. Das IMPREGUM-Adhesive hatte die Kontraktion bei den Meßstrecken a und b so beeinflusst, daß sie in Richtung Löffelwand stattfand und effektiv zu einer Vergrößerung der Werte führte. Bei der Meßstrecke c kann das nicht bestätigt werden. Hier findet trotz der Verwendung eines Adhäsivs effektiv eine Kontraktion der Abdruckmasse statt, wenn auch in etwas geringerem Umfang als bei den Abdrücken, bei denen kein Adhäsiv verwendet wurde. Erklärt werden kann das mit der Tatsache, daß bei a und b die Seitenwände des Löffels als Fixpunkte dienen, wenn ein Adhäsiv verwendet wird, sodaß die Schrumpfung auch in diese Richtung stattfinden muß und zur Vergrößerung der Meßstrecken a und b führt. Bei der Meßstrecke c ist am Löffel nur ein Fixpunkt am Löffelboden vorhanden. Vom Löffelrand her ist dem Kontraktionsbestreben der Abdruckmasse kein Hindernis gesetzt. Das soll auch an einer Skizze verdeutlicht werden:

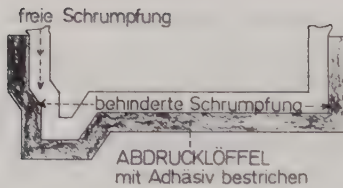


Abbildung 7: Skizze, die verdeutlicht, in welcher Richtung eine Kontraktion der Abformmasse stattfindet, wenn der Abdrucklöffel mit Adhäsiv bestrichen ist.

In seinen grundsätzlichen Betrachtungen über Volumenänderungen hat MEINERS auf die Wichtigkeit der Lage der Fixationspunkte hingewiesen, damit man Aussagen über den zu erwartenden Schrumpf machen kann. Er sagt, daß es immer zu Verzerrungen der neuen Form kommt, wenn irgendwelche Kräfte wirksam werden, die die Kontraktions- bzw. Expansionskräfte überlagern. Diese grundsätzliche Überlegung ist mit den vorliegenden Versuchen, bei denen Adhesive verwendet wurde, bewiesen worden durch das Dimensionsverhalten bezogen auf die Meßstrecken a und b (zweiseitig behinderte Schrumpfung) und c (einseitig behinderte Schrumpfung).

Ein maßstabgerechtes Modell nach einer IMPREGUM-Abformung, bei der auch das IMPREGUM-Adhesive verwendet wird, läßt sich nur durch sofortige Modellherstellung gewinnen, d.h. solange eine Dimensionsänderung der Abformmasse noch nicht oder in nur geringem Maße stattgefunden hat. Dabei muß in Kauf genommen werden, daß man mit einem expandierenden Modellwerkstoff auch nur ein überdimensioniertes Modell erhalten kann.

Soll man nun eine Aussage machen oder Entscheidung treffen, ob man grundsätzlich die Abdrucklöffel mit Adhäsiv bestreichen sollte oder nicht, so muß man nach den vorliegenden Ergebnissen zum Schluß kommen, daß das Adhäsiv eine maßstabgerechte Dimensionsänderung bei Lagerung der Abformung verhindert. Die Abdruckmasse sollte nur soweit am Löffel fixiert sein, daß die Abzugskräfte, die beim Entfernen des Löffels vom abzuformenden Modell auftreten, kompensiert werden. Das kann bereits durch einen angerauten Löffel aus Kunststoff gewährleistet sein. Zumindestens trifft diese Feststellung für die vorliegenden Versuchsreihen zu. Eine maßstabgerechte Schrumpfung wird nicht durch eine absolute Fixation der Abdruckmasse am Löffel erreicht, sondern allein durch eine gleichmäßige Schichtdicke der Abdruckmasse und eine freie Kontraktionsmöglichkeit. Ein individueller Löffel aus einem für die entsprechende Abformmasse geeigneten Material ist daher für eine präzise Abformung von so grundlegender Bedeutung, daß nicht darauf verzichtet werden kann.

Der zweite Teil der Diskussion soll dem von mir benutzten System Abformmasse IMPREGUM / Modellwerkstoff MOLDANO dienen. Bei den folgenden Überlegungen wird immer vorausgesetzt, daß ein Adhäsiv nicht verwendet wird, das den Abformwerkstoff am Löffel fixiert. Es wurde festgestellt, daß IMPREGUM grundsätzlich bei Lagerung der Abdrücke über mehrere Tage eine Tendenz zur Kontraktion zeigt. Das heißt, wir würden bei einer absoluten Dimensionskonstanz eines Modellwerkstoffes immer auch ein verkleinertes Modell vom Original erhalten. Wenn man den Abdruck so lange lagert bis die Kontraktion des Abdruckmaterials die Expansion des Hartgipses übertrifft, kann man ebenfalls ein unterdimensioniertes Modell erhalten. Eine Voraussetzung dafür ist, daß Abformmasse und Modellmasse entsprechend aufeinander abgestimmt sind. Für das in meinen Versuchsreihen beschriebene System können nach der Auswertung der Ergebnisse gewisse Regeln über die Wechselbeziehungen zwischen der Abformmasse IMPREGUM und dem Modellmaterial MOLDANO aufgezeigt

werden. Meine Versuche zeigen, daß man ein vergrößertes Modell erhält, wenn man die IMPREGUM-Abdrücke nicht länger als 2 Tage lagert, bevor man sie mit MOLDANO ausgießt. Zwischen einer Lagerdauer von zwei und drei Tagen liegt der Zeitpunkt, an dem man mit dem von mir benutzten System ein originalgetreues Modell erhält. Bei noch längerer Lagerung der Abdrücke kann nur noch ein unterdimensioniertes Modell gewonnen werden.

Der Grad der Abweichungen des Modells vom Original reicht nach meinen Ergebnissen von einer Überdimensionierung von 0,146 % bei einer einstündigen Lagerung des Abdrucks bis zu einer Unterdimensionierung von 0,106 % bei einer Lagerung des Abdrucks von 7 Tagen, wenn bei der Abdrucknahme kein Adhäsiv verwendet wurde.

Für Jeden, der nach einem IMPREGUM-Abdruck ein Modell gewinnen möchte, das innerhalb der von mir gefundenen Grenzen dimensioniert sein soll, kann die graphische Darstellung eine wertvolle Hilfe sein. Als Anregung kann die Arbeit auch dazu dienen, andere Systeme Abdruckmasse / Modellwerkstoff zu untersuchen, um auch dafür der Praxis gewisse Grundlagen in die Hand zu geben.

VII. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit ist das System IMPREGUM-Abformmasse / MOLDANO-Hartgips auf ihr Dimensionsverhalten in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer der Abformung untersucht worden. Für die Gewinnung der Abdrücke wurde ein starrer individueller Löffel aus PALAVIT M benutzt, der mittels einer Vorrichtung in gleichmäßigem Abstand zu einem stilisierten teilbezahnten Oberkiefermodell eingestellt werden konnte.

Es wurden jeweils 10 Abformungen genommen, bei denen der Löffel ohne Adhäsiv verwendet wurde, bei weiteren 10 Abdrücken war er mit IMPREGUM-Adhesive bestrichen. In der ersten Versuchsreihe lagerten diese 20 Abdrücke eine Stunde lang, bevor diese an zwei Meßstrecken a und b ausgemessen

worden.

Die Meßwerte wurden tabellarisch festgehalten und sowohl deren Mittelwerte als auch die prozentuale Abweichung der Mittelwerte vom Originalwert graphisch dargestellt. Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit der Standardabweichung sowohl der einzelnen Meßwerte als auch des Mittelwerts, um eine Aussage über die Verwertbarkeit der Ergebnisse machen zu können und damit fehlerhafte Werte auszuschließen.

Als Ergebnis wurde festgestellt, daß Abformungen, bei denen IMPREGUM-Adhesive verwendet wurde, nur bei sofortiger Modellherstellung ein maßstabgerechtes Modell lieferten. Nach Lagerung der Abformung um mehr als eine Stunde konnte nur eine Überdimensionierung der horizontalen Werte und eine Unterdimensionierung des vertikalen Wertes erreicht werden.

Wenn ein Adhäsiv nicht verwendet worden war, konnten in jedem Fall maßstabgerechte Modelle gewonnen werden. Dabei konnte mit Zunahme der Lagerungsdauer grundsätzlich eine Kontraktion der IMPREGUM-Abformmasse beobachtet werden, die jedoch durch die Expansion des Hartgipses MOLDANO bei einer Lagerungszeit bis zu zwei Tagen zu einem vergrößerten Modell führte, danach zu einem originalgetreuen Modell und nach drei Tagen Lagerungszeit der Abdrücke zu einem verkleinerten Modell.

Nach den vorliegenden Ergebnissen liegt die gesamte Dimensionsänderung des Systems IMPREGUM / MOLDANO nach einer Stunde bei einer Expansion von 0,146 %, nach 7 Tagen bei einer Kontraktion von 0,106 %.

VIII. Literaturverzeichnis

BERGMANN, H. und E. KÖRBER:

Untersuchungen über neue Abdruckmaterialien
für Kronen und Brücken
Dt. zahnärztl. Z. 21 (1966) 944

EICHNER, K.:

Leitfaden zahnärztlicher Werkstoffe und
ihrer Verarbeitung
Berlinische Verlagsanstalt G.m.b.H.
Berlin 15, 1967

FÄSSLER, B.:

Untersuchungen des Dimensionsverhaltens von
12 zahnärztlich benutzten gummielastischen
Abdruckwerkstoffen
Med. Diss. Berlin 1970

FINGER, W. und P. LOCKOWANDT:

Abform- und Modellmaterialien, eine
funktionelle Einheit
Dt. zahnärztl. Z. 27 (1972) 620

FUCHS, P. und M. WALLNER:

Abformmethoden und -materialien bei
niedergelassenen Zahnärzten
Dt. zahnärztl. Z. 27 (1972) 584

GARDEMIN, U.:

Über das Volumenverhalten von Hartgipsen
und Modellzementen
Dt. zahnärztl. Z. 24 (1969) 539

HUPPMANN, K.P.:

Untersuchungen zum Dimensionsverhalten
elastischer Abdruckmaterialien
Med. Diss. Hamburg 1969

JANKE, G.:

Zur Frage der Beschaffenheit des indivi-
duellen Abdrucklöffels
Zahnärztl. Welt 10 (1955) 198

- KASTNER, TH.: Vergleichende Untersuchungen über die Abdruckschärfe von Abformmaterialien auf Silikon- und Kunststoffbasis
Med. Diss. Münster 1966
- KELLER, D.: Untersuchungen über die Abformgenauigkeit der gummielastischen "Silikon-Abdruckmasse Lastic 55".
Med. Diss. Marburg 1959
- KÖRBER, E. u. K. LEHMANN;
Vergleichende Untersuchungen bei Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken
Dt. zahnärztl. Z. 24 (1969) 791
- KRAUL, D.: Vergleichende Untersuchungen über die Paßgenauigkeit von Prothesenbasen aus Palapress und Paladon nach intermittierenden Druckbelastung
Med. Diss. Marburg 1972
- MARXKORS, R.: Werkstoffkunde in der zahnärztlichen Praxis
Verlag Johann Ambrosius Barth Frankfurt 1972
- MAXWELL, P. CHONG und A.R. DOCKING:
Some setting characteristics of elastomeric impression materials
Australian Dental Journal 14 (1969) 295
- MAYER, H.: Untersuchungen über die linearen Veränderungen von Silikon-, Thiokol- und Polyäthergummi-Abformmassen unter mundähnlichen Bedingungen
Med. Diss. Heidelberg 1968

- MEINERS, H.: Einige grundsätzliche Betrachtungen über Volumeneffekte im Zusammenhang mit Abbindevorgängen
Zahnärztl. Welt 82 (1973) 270
- MEINERS, H.: Grundsätzliches zu Volumenänderungen
Zahnärztl. Welt 82 (1973) 438
- PFANNENSTIEL, H.: Das Abformproblem aus der Sicht des zahn-
technischen Laboratoriums
Dt. zahnärztl. Z. 27 (1972) 579
- REHBERG, H.J.: Elastomere Abformmassen
Schweiz. Mschr. f. Zahnheilkunde 80 (1970) 1007
- REHBERG, H.J.: Die Quintessenz der zahnärztlichen
Abformhilfsmittel
Buch- und Zeitschriftenverlag "Die Quintessenz"
Berlin 1971
- REHBERG, H.J.: Probleme der Normung der Abformmaterialien
Dt. zahnärztl. Z. 27 (1972) 593
- SCHWINDLING, R.: Das Messen von Dimensionsveränderungen an
elastomeren Abformwerkstoffen
Dt. zahnärztl. Z. 25 (1970) 710
- TOKMAN, C.: Untersuchungen über die Haftung der elastischen
Abformmaterialien am Abdrucklöffel
Med. Diss. Mainz 1963
- VIOHL, J.: Verarbeitungszeit und Abbindezeit
elastomerer Abformwerkstoffe
Dt. zahnärztl. Z. 27 (1972) 598
- WALCHER, W.: Praktikum der Physik
B.G. Teubner, Stuttgart 1967

- WEIKART, P.: Werkstoffkunde für Zahnärzte
Carl Hanser Verlag München 1966
- WIECHERS, H.J.: Untersuchungen über die Haftung gummi-
elastischer Abformmaterialien am Abdrucklöffel
Med. Diss. Mainz 1967
- WILSON, H.J.: A Method of Assessing the Setting
Characteristics of Impression Materials
British Dental Journal 117 (1964) 536

IX. Anhang
Tabellen der Meßwerte

Tabelle 1
Lagerungszeit der Abdrücke: 1 Stunde
Abdrucklöffel ohne Adhäsiv verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen $\frac{\text{mm}}{100}$			
	a	b		a	b	c
1	5559	4087	1	5568	4095	665
2	5556	4085	2	5566	4092	663
3	5559	4088	3	5567	4095	664
4	5554	4085	4	5564	4091	665
5	5553	4082	5	5562	4090	666
6	5553	4082	6	5562	4089	665
7	5558	4086	7	5567	4092	665
8	5556	4085	8	5566	4093	667
9	5558	4086	9	5565	4092	664
10	5554	4084	10	5564	4093	665
Mittelwert:	5556,0	4085,0		5565,1	4092,2	664,9

Tabelle 2
Lagerungszeit der Abdrücke: 1 Stunde
Abdrucklöffel mit Adhesive verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen in $\frac{\text{mm}}{100}$			
	a	b		a	b	c
1	5560	4088	1	5569	4096	666
2	5562	4089	2	5570	4098	667
3	5558	4087	3	5567	4095	665
4	5556	4086	4	5567	4095	664
5	5557	4087	5	5566	4094	665
6	5553	4085	6	5565	4094	663
7	5553	4085	7	5564	4093	664
8	5558	4087	8	5567	4093	665
9	5558	4087	9	5566	4096	665
10	5556	4089	10	5567	4095	667
Mittelwert:	5557,1	4087,1		5566,8	4094,9	665,1
		Originalwert:		5557	4087	664

Tabelle 3

Lagerungszeit der Abdrücke: 2 Stunden

Abdrucklöffel ohne Adhäsiv verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen in $\frac{\text{mm}}{100}$		
	a	b		a	b c
1	5557	4084	1	5565	4092 665
2	5556	4083	2	5563	4091 664
3	5554	4083	3	5562	4090 663
4	5560	4085	4	5566	4093 665
5	5555	4081	5	5562	4089 662
6	5554	4081	6	5562	4088 662
7	5553	4082	7	5562	4092 665
8	5557	4083	8	5564	4091 664
9	5553	4082	9	5560	4091 665
10	5555	4084	10	5563	4094 666
Mittelwert: 5555,4 4082,9			5562,8 4091,1 664,1		

Tabelle 4

Lagerungszeit der Abdrücke: 2 Stunden

Abdrucklöffel mit Adhesive verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen in $\frac{\text{mm}}{100}$		
	a	b		a	b c
1	5561	4090	1	5569	4100 665
2	5560	4088	2	5568	4097 666
3	5556	4087	3	5567	4096 666
4	5557	4087	4	5566	4097 665
5	5557	4085	5	5567	4094 664
6	5555	4086	6	5566	4095 665
7	5558	4088	7	5570	4096 664
8	5556	4086	8	5566	4095 663
9	5557	4085	9	5567	4094 664
10	5555	4084	10	5566	4095 665
Mittelwert: 5557,2 4086,6			5567,2 4095,8 664,7		
<u>Originalwert:</u> 5557 4087 664					

Tabelle 5

Lagerungszeit der Abdrücke: 6 Stunden

Abdrucklöffel ohne Adhäsiv verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen			
	a	b		a	b	c in $\frac{\text{mm}}{100}$
1	5557	4084	1	5565	4093	664
2	5559	4083	2	5567	4092	665
3	5555	4083	3	5566	4091	663
4	5554	4084	4	5562	4090	662
5	5553	4081	5	5562	4091	662
6	5555	4083	6	5563	4090	663
7	5551	4082	7	5561	4089	662
8	5556	4083	8	5566	4092	665
9	5554	4082	9	5564	4093	666
10	5555	4084	10	5564	4092	665
<u>Mittelwert:</u> 5554,9 4082,9				5564,0	4091,3	663,7

Tabelle 6

Lagerungszeit der Abdrücke: 6 Stunden

Abdrucklöffel mit Adhesive verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen			
	a	b		a	b	c in $\frac{\text{mm}}{100}$
1	5558	4088	1	5567	4097	665
2	5560	4088	2	5568	4096	667
3	5555	4086	3	5565	4095	667
4	5554	4087	4	5564	4096	661
5	5557	4086	5	5566	4093	663
6	5557	4084	6	5565	4093	665
7	5556	4088	7	5568	4095	667
8	5558	4086	8	5567	4094	664
9	5559	4087	9	5568	4096	663
10	5557	4087	10	5566	4095	666
<u>Mittelwert:</u> 5557,1 4086,7				5566,4	4095,0	664,8
<u>Originalwert:</u> 5557				4087	664	

Tabelle 7

Lagerungszeit der Abdrücke: 24 Stunden

Abdrucklöffel ohne Adhäsiv verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen				
	a	b		a	b	c	in $\frac{\text{mm}}{100}$
1	5549	4079	1	5559	4088	663	
2	5549	4080	2	5558	4089	665	
3	5555	4083	3	5564	4092	664	
4	5551	4084	4	5559	4088	663	
5	5552	4081	5	5562	4090	666	
6	5548	4082	6	5559	4090	664	
7	5554	4082	7	5564	4093	662	
8	5550	4082	8	5561	4090	665	
9	5551	4080	9	5561	4087	664	
10	5554	4084	10	5563	4091	664	
Mittelwert:	5551,3	4081,7		5561,4	4090,1	664,0	

Tabelle 8

Lagerungszeit der Abdrücke: 24 Stunden

Abdrucklöffel mit Adhesive verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen in $\frac{\text{mm}}{100}$			
	a	b		a	b	c
1	5554	4086	1	5565	4096	664
2	5560	4088	2	5569	4097	665
3	5555	4087	3	5566	4095	664
4	5555	4085	4	5567	4094	666
5	5558	4087	5	5569	4095	662
6	5558	4088	6	5570	4096	663
7	5557	4083	7	5566	4093	664
8	5557	4084	8	5566	4092	663
9	5556	4086	9	5567	4095	664
10	5558	4086	10	5567	4094	665
Mittelwert:	5556,8	4086,0		5567,2	4094,6	664,0

Tabelle 9

Lagerungszeit der Abdrücke: 2 Tage

Abdrucklöffel ohne Adhäsiv verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen			
	a	b		a	b	c in $\frac{\text{mm}}{100}$
1	5552	4079	1	5559	4090	664
2	5554	4079	2	5560	4088	664
3	5550	4076	3	5559	4088	663
4	5551	4078	4	5557	4089	664
5	5548	4075	5	5557	4084	663
6	5548	4076	6	5556	4085	665
7	5552	4080	7	5559	4091	665
8	5551	4080	8	5560	4087	662
9	5554	4081	9	5563	4089	664
10	5553	4080	10	5561	4089	664
<u>Mittelwert:</u> 5550,9 4078,4				5559,1	4088,0	663,8

Tabelle 10

Lagerungszeit der Abdrücke: 2 Tage

Abdrucklöffel mit Adhesive verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen			
	a	b		a	b	c in $\frac{\text{mm}}{100}$
1	5559	4087	1	5570	4098	665
2	5559	4088	2	5569	4096	661
3	5558	4088	3	5566	4096	661
4	5557	4085	4	5564	4093	662
5	5558	4086	5	5567	4099	665
6	5561	4086	6	5567	4096	670
7	5555	4088	7	5567	4100	671
8	5556	4086	8	5565	4091	666
9	5558	4085	9	5566	4092	664
10	5560	4090	10	5568	4097	662
<u>Mittelwert:</u> 5558,1 4086,9				5566,9	4095,8	664,7
			<u>Originalwert:</u> 5557 4087 664			

Tabelle 11

Lagerungszeit der Abdrücke: 3 Tage

Abdrucklöffel ohne Adhäsiv verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen			
	a	b		a	b	c in $\frac{\text{mm}}{100}$
1	5553	4080	1	5553	4088	664
2	5552	4080	2	5556	4089	666
3	5546	4076	3	5552	4083	663
4	5548	4072	4	5549	4083	660
5	5549	4073	5	5549	4080	660
6	5545	4077	6	5550	4080	661
7	5551	4078	7	5554	4089	664
8	5551	4077	8	5556	4087	662
9	5549	4081	9	5554	4086	665
10	5550	4077	10	5554	4089	663
<u>Mittelwert: 5549,4 4077,1</u>			<u>5552,7 4085,4 662,7</u>			

Tabelle 12

Lagerungszeit der Abdrücke: 3 Tage

Abdrucklöffel mit Adhesive verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen			
	a	b		a	b	c in $\frac{\text{mm}}{100}$
1	5563	4088	1	5572	4097	665
2	5562	4090	2	5573	4098	666
3	5557	4086	3	5569	4093	664
4	5559	4084	4	5570	4096	664
5	5560	4084	5	5570	4093	663
6	5552	4085	6	5567	4093	664
7	5557	4087	7	5568	4094	667
8	5554	4085	8	5563	4094	661
9	5554	4083	9	5564	4094	664
10	5555	4085	10	5568	4091	664
<u>Mittelwert: 5557,4 4085,7</u>			<u>5568,4 4094,3 664,2</u>			
			<u>Originalwert: 5557 4087 664</u>			

Tabelle 13

Lagerungszeit der Abdrücke: 5 Tage

Abdrucklöffel ohne Adhäsiv verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen in $\frac{\text{mm}}{100}$			
	a	b		a	b	c
1	5543	4076	1	5553	4087	661
2	5543	4075	2	5549	4084	664
3	5545	4079	3	5550	4085	665
4	5541	4075	4	5548	4085	663
5	5542	4076	5	5550	4083	664
6	5544	4077	6	5551	4084	663
7	5543	4076	7	5551	4082	661
8	5544	4078	8	5552	4086	665
9	5543	4075	9	5550	4082	662
10	5542	4076	10	5550	4086	663
<u>Mittelwert:</u> 5543,0 4076,3				5550,4	4084,4	663,1

Tabelle 14

Lagerungszeit der Abdrücke: 5 Tage

Abdrucklöffel mit Adhesive verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen in $\frac{\text{mm}}{100}$			
	a	b		a	b	c
1	5561	4085	1	5570	4094	664
2	5558	4084	2	5569	4092	665
3	5560	4088	3	5569	4095	664
4	5556	4087	4	5567	4096	663
5	5558	4090	5	5568	4098	666
6	5557	4086	6	5568	4095	662
7	5555	4087	7	5567	4095	664
8	5558	4085	8	5568	4094	663
9	5559	4087	9	5570	4094	664
10	5558	4088	10	5568	4095	664
<u>Mittelwert:</u> 5558,0 4086,7				5568,4	4094,8	663,9

Originalwert: 5557 4087 664

Tabelle 15

Lagerungszeit der Abdrücke: 7 Tage

Abdrucklöffel ohne Adhäsiv verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen			
	a	b		a	b	c in $\frac{\text{mm}}{100}$
1	5539	4077	1	5548	4085	661
2	5540	4076	2	5550	4084	663
3	5543	4077	3	5551	4084	662
4	5542	4078	4	5551	4083	663
5	5541	4077	5	5551	4084	664
6	5544	4079	6	5552	4085	663
7	5542	4076	7	5550	4083	664
8	5542	4077	8	5553	4083	665
9	5544	4078	9	5552	4084	663
10	5543	4078	10	5553	4086	662
<u>Mittelwert:</u> 5542,0 4077,3				5551,1	4084,1	663,0

Tabelle 16

Lagerungszeit der Abdrücke: 7 Tage

Abdrucklöffel mit Adhesive verwendet

Meßwerte an den Abdrücken in $\frac{\text{mm}}{100}$			Meßwerte an den Hartgipsmodellen			
	a	b		a	b	c in $\frac{\text{mm}}{100}$
1	5561	4089	1	5570	4097	664
2	5557	4089	2	5568	4095	665
3	5558	4088	3	5568	4096	664
4	5556	4086	4	5566	4094	663
5	5557	4087	5	5567	4095	664
6	5558	4088	6	5567	4095	662
7	5558	4089	7	5568	4095	665
8	5555	4087	8	5566	4094	664
9	5556	4088	9	5567	4095	664
10	5560	4090	10	5569	4096	663
<u>Mittelwert:</u> 5557,6 4088,1				5567,6	4095,2	663,8

Originalwert: 5557 4087 664

Lebenslauf

von Karl Heinz R i n g l e b, Marburg an der Lahn,
Am Richtsberg 1

Geboren am 22.4.1944 in Daubringen, Kreis Gießen, als Sohn
des Stadtbauoberamtmanns Wilhelm Ringleb und
seiner Ehefrau Marie, geborene Preis.

Verheiratet seit Oktober 1970 mit Zahnärztin Susanne Ringleb,
geborene Müller, aus Frankfurt am Main.

Kind: Sohn Karsten, geboren am 30.3.1971

Schulbildung:

1950 - 54 Volksschule in Osnabrück

1954 - 63 Ratsgymnasium in Osnabrück

1963 - 65 Gymnasium Landschulheim Steinmühle
in Cappel

Reifeprüfung abgelegt am 10. März 1965

Studiengang:

SS 1965 - SS 1971 Studium der Zahnheilkunde an
der Philipps-Universität in Marburg a.d. Lahn
Naturwissenschaftliche Vorprüfung abgelegt am 19.10.66
Zahnärztliche Vorprüfung bestanden am 26.3.1969
Zahnärztliche Prüfung bestanden am 2.12.1971
Bestallung als Zahnarzt erteilt am 27.12.1971

Tätigkeit als Zahnarzt:

1.1.1972 - 1.10.1972 wissenschaftl. Angestellter
an der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrank-
heiten der Philipps-Universität in Marburg a.d. Lahn
2.10.1972 - 31.12.1973 Grundwehrdienst als
Stabsarzt bei der Bundeswehr
seit 11.3.1974 Assistent bei Zahnarzt E. Frank
in Neuenhaßlau, Kreis Gelnhausen

Meine akademischen Lehrer an der Philipps-Universität
Marburg waren die Herren Professoren und Dozenten:

Bernhardt, Bommer, Dimroth, Haan, Havemann, Hennis,
Hering, Heuser, Hort, Hupe, Janke, Kamke, Karlson,
Köbler, Korb, Mahr, Mann, Mannheim, Meyer-Berthenrath,
Niemeyer, Pantke, Petry, Pfütz, Riecken, Rodeck,
Rohen, Rosemann, Rupec, Salfeld, Schienbein, Schiff,
Schmid, H.F.M. Schmidt, Schnell, Seidel, Siegert,
Spröggel, Strohmeier, Vogt, Walcher, Witzel und
Zilliken.

Herrn Prof. Dr. G. Janke danke ich für die Überlassung des Themas sowie für die wertvolle Anleitung zu dieser Arbeit.

Weiterhin gilt mein Dank Frau Zahntechnikermeister M. Gehrke für die freundlichen Anregungen bei der Versuchsdurchführung.

Herrn Diplom-Mathematiker W. Dikhoff bin ich ebenfalls zu Dank verpflichtet für die fachliche Beratung bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse.

Herrn Prof. Dr. H. Schnell danke ich für die Übernahme des Correferats.

